

【特許請求の範囲】

【請求項1】電子銃、上記電子銃から出た電子線を収束して試料に照射するための電子光学系、上記収束電子線を上記試料の観察領域で走査状に移動させるための走査機構、上記試料の上記収束電子線の照射部分から放出される電子を検出するための検出機構、上記走査機構を制御して上記検出機構からの信号またはそれに所定の演算を施した信号の走査像を生成するための走査像生成機構から構成された走査型電子顕微鏡において、上記試料にリターディング電圧を印加するためのリターディング電圧印加機構、上記試料のチャージアップ状態を検知するためのチャージアップ検知機構、上記チャージアップ検知機構からのチャージアップ状態に関する情報を基に最適なリターディング電圧を決定してそれを上記試料に印加するよう上記リターディング電圧印加機構を制御するリターディング電圧制御機構を備え、上記試料の上記走査像取得時のチャージアップ状態で最適なリターディング電圧を上記試料に自動的に印加することを特徴とする走査型電子顕微鏡。

【請求項2】請求項1において、上記チャージアップ検知機構が、上記収束電子線、上記収束電子線照射部分から放出される電子、上記試料に吸収された後に外部に流れ出る電子のそれぞれの量を検知する機構、上記試料の観察領域への上記収束電子線の照射時間および照射条件を検知する機構、それら検知情報の全てまたは一部につき演算および判定を行う機構を含む走査型電子顕微鏡。

【請求項3】請求項2において、上記リターディング電圧制御機構が、リターディング電圧の適否を判定する判定機構、上記リターディング電圧を調整するためのリターディング電圧調整機構を含み、リターディング電圧が不適な場合には上記リターディング電圧調整機構によりリターディング電圧を調整し、この状態で上記判定機構によりリターディング電圧の適否を判定する手順を、リターディング電圧が適切となるまで繰り返す機能を持つ走査型電子顕微鏡。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は大型試料上の難導電性材料を含む形状の観察に好適な走査型電子顕微鏡技術に関する。

【0002】

【従来の技術】一般に、半導体集積回路装置の製造では、導電性材料や難導電性材料の堆積処理、リソグラフィ処理、エッチング処理などにより半導体ウエハ上に回路パターンを形成する。半導体ウエハ上に形成された回路パターンの良否は、半導体集積回路装置の製造歩留まりなどの生産性に大きな影響を及ぼすため、半導体集積回路装置の製造工程では、このような半導体ウエハ上の回路パターンの検査が従来から実施されている。

【0003】今日の半導体集積回路装置の高集積化に伴

い、半導体ウエハ上に形成される回路パターン微細化が急速に進められている。このため、回路パターンの検査手段として、従来から用いられている光学式の検査装置よりも高い分解能を有する走査型電子顕微鏡を用いる方法が提案されている。

【0004】これに関連する技術として、例えば、特開平5-258703号には、エックス線マスクやこれと同等の導電性基板に形成されたパターンを走査型電子顕微鏡を使用して検査する方法とそのシステムが開示されている。

【0005】また、特公平6-16407号公報には、半導体ウエハを所定の方向に連続して移動させた状態で、この半導体ウエハ上の検査領域内に設定した複数の分割領域のそれぞれで収束した電子線を走査し、得られた歪みのない正確な二次電子像により高速で回路パターンの検査を行う手段が開示されている。

【0006】さらに、特開昭63-218803号公報には、像取得時の半導体ウエハへの電子線の照射時間を精密に制御して半導体ウエハのチャージアップや階調ドリフトが像質に与える影響を低減し、検査に用いる二次電子像の信頼性および感度を向上させる手段が開示されている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】一般に、半導体ウエハ上の回路パターンは、導電性材料と難導電性材料の複雑な組み合わせにより構成されている。このような回路パターンに電子線を照射すると、難導電性材料部分に電荷が蓄積する（チャージアップ）。このため、二次電子像の像質が電荷蓄積量に依存して変動してしまい、再現性のある二次電子像が得られないという問題が生じる。

【0008】このような現象に対する対策として、従来は、上述した特開昭63-218803号公報のように電子線の照射時間を精密に制御する方法が知られていたが、実際の検査の現場で電子線照射時間を精密に制御することは事実上困難であり、しかも電子線照射時間の制御のみでチャージアップ対策を行うことは一般には難しく、再現性のある二次電子像を得るための実用的手段としては不十分なものであった。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明では、上記チャージアップで二次電子像の像質が変化の原因を分析し、これを回避する手段を講じることにより二次電子像の再現性を向上させる。

【0010】チャージアップで二次電子像の像質が変化するのは、蓄積した電荷により表面付近に形成された電場の影響により、表面に入射する電子線のエネルギーが変化したり、さらには電子線が表面に全く到達せずに反射されてしまうなど、電子線の表面への入射条件がチャージアップのない場合に比べて著しく変化するためである。したがって、チャージアップが起こっている場合の電子線入射条件をチャージアップが起こっていない場合

と同様に保つ手段を講じることができれば、チャージアップの程度によらず再現性の良い二次電子像が得られるはずである。

【0011】このように、チャージアップは表面近傍の電場という形で電子線に影響を与えるのであるから、この電場を相殺するような逆向きの電場を表面付近に発生させることができれば、実効的にはチャージアップのない場合と同様な条件で電子線を表面に入射させることができる。このための手段を具体化するにあたり、半導体ウエハ上の回路パターンを走査型電子顕微鏡で検査する際には、顕微鏡本体に対して負の電位を半導体ウエハに印加して二次電子像を取得する場合が多いことに着目する。これは通常リターディングと呼ばれる技術であり、電子光学系を通過した電子線を試料（本発明の場合は半導体ウエハ）の直前で急速に減速するための手段である。一般に、走査型電子顕微鏡において高い分解能を得るには電子線を細く収束させなければならないが、このためには電子線が電子光学系を高速で通過することが必要である。一方、試料でのチャージアップを低減するには電子線の試料への入射速度を低くすることが有効である。リターディングの狙いは電子線に対するこれら相反する条件を同時に満たすことにある。

【0012】このリターディング技術は、試料に印加した電圧により表面付近に生じる電場で電子線の入射条件を制御するものであるから、本発明における課題解決手段として利用できる。しかし、従来のリターディング技術をそのまま利用するのみでは、当該課題を解決することはできない。その理由は、従来のリターディング技術では、試料に印加する電圧が固定または半固定であったことにある。これは、上述したリターディング技術の従来の狙いを考慮すれば当然のことであり、かつ充分なものである。しかし、二次電子像の再現性を低下させるチャージアップは、電子線照射時間や観察領域の電気特性などにより時間的、空間的に大きく変動するものであるため、この変動に追従できない固定または半固定のリターディング電圧印加方式では再現性を向上させることができない。

【0013】本発明では、試料である半導体ウエハ表面のチャージアップ状態を検知しながらチャージアップの効果を相殺するのに最適なリターディング電圧を自動的に設定することが可能な、オンラインのリターディング制御機構を備えることにより二次電子像の再現性を確保している。ここで、チャージアップ状態の検知は、電子線の電流量と照射時間、吸収電流量などを二次電子と同時にモニタし、これらのパラメータにつき所定の演算および判定を加えることによって行う。

【0014】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施例を図を用いて説明する。図1は、本発明の実施例における装置構成を示す図である。図1において、電子源、引き出し電

極、加速電極などで構成された電子銃1から放出された電子線2は、コンデンサレンズ3、アパーチャ4、ブランキング用偏向器5、走査偏向器6、対物レンズ7、二次電子検出器8などより構成された電子光学系を経て、充分収束された状態で検査対象である半導体ウエハ9に至る。半導体ウエハ9は可動式のステージ10上に電気的に接触した状態で固定できるようになっている。

【0015】ステージ10は、その位置調整を可能にする駆動機構を備えた試料台11上に組み込まれており、さらに、半導体ウエハ9にリターディング電圧を印加するためのリターディング電源12に接続されている。電子光学系内のブランキング用偏向器5と走査偏向器6、試料台11内のステージ10の駆動機構、およびリターディング電源12は、それぞれブランキング制御装置13、電子線走査制御装置14、ステージ制御装置15、リターディング制御装置12により制御される。また、位置制御装置17は、電子線走査制御装置14とステージ制御装置15を制御して、電子線2の偏向、またはステージ10の移動、あるいはその両方により、半導体ウエハ9内の検査領域で電子線2照射位置を走査状に移動させる。

【0016】そして、演算・判定装置18は、電子線2の半導体ウエハ9上での位置や走査状態に関する信号を位置制御装置17から受け、半導体ウエハ9より流れ出す電流量に関する信号を吸収電流検出器19から受け、半導体ウエハ9上の電子線2照射部分で発生する二次電子20の量に関する信号を二次電子検出器8から受け、半導体ウエハ9への電子線2の照射状態や照射時間に関する信号をブランキング制御装置13から受け、電子線2の電流量に関する信号をアパーチャ4から受け、半導体ウエハ9上の検査領域の全体、またはその一部におけるこれらの信号に所定の演算や判定を施すことにより検査領域のチャージアップ量を判定する。さらに、この演算・判定装置18では、検査領域のチャージアップ量の判定結果に基づきリターディング電圧を調整する指示をリターディング制御装置12に送る。そして、後述する手順により自動的に最適化したリターディング条件で取得された二次電子像は、画像判定装置21に送られる。

【0017】本実施例には、例えば装置全体の制御機構や真空排気系などのような、一般の走査型電子顕微鏡と同様の構成要素も含まれているが、図1ではこれらの部分は省略されている。

【0018】次に、実施例で、リターディング条件を自動的に最適化する手順を説明する。

【0019】図2は、この自動的に最適化のための、第一の手順を示す図である。図2で、電子線2の偏向、ステージ10の移動、あるいはそれらの組み合わせにより半導体ウエハ9上の検査領域で電子線2を走査し、二次電子像と同時に電子線2の電流量の分布、半導体ウエハ9への電子線2の照射状態や照射時間に関する信号、半導体

ウエハ9より流れ出す電流量の分布、走査状態に関する情報を合わせて取得する。そして、これらの信号に所定の演算や判定を施すことにより検査領域のチャージアップ量を判断する。そして、得られたチャージアップ量に対してリターディング電圧が適切か否かを判定する。判定の結果リターディング電圧が適切であれば、得られている二次電子像、またはそれに適切な演算を施した像につき画像解析を行う。一方、リターディング電圧が適切でなければ、リターディング電圧を調整した後、上述した走査と判定の手順を繰り返す。本実施例では、図1により説明した装置構成により、この手順を自動的に行うことが可能である。

【0020】次に、本実施例でリターディング条件を自動的に最適化するための第二の手順を図3により説明する。図3に示した手順では、電子線2の偏向、ステージ10の移動、あるいはそれらの組み合わせにより半導体ウエハ上の検査領域の全体またはその一部で電子線2の予備走査を行い、二次電子像と同時に電子線2の電流量の分布、半導体ウエハ9への電子線2の照射状態や照射時間に関する信号、半導体ウエハ9より流れ出す電流量の分布、走査状態に関する情報を合わせて取得する。そして、これらの信号に所定の演算や判定を施すことにより検査領域のチャージアップ量を判断する。そして、得られたチャージアップ量に対してリターディング電圧が適切か否かを判定する。判定の結果リターディング電圧が適切であれば、この条件を維持したまま電子線2の本走査を行い、取得した二次電子像につき画像解析を行う。一方、リターディング電圧が適切でなければ、リターディング電圧を調整した後、上述した予備走査と判定の手順を繰り返す。

【0021】図3における予備走査は、最適なリターディング電圧を自動探索するのに十分な範囲で簡略化あるいは高速化することができる。したがって、リターディング電圧最適化の過程でも画像解析用二次電子像を取得する際と同様の走査を繰り返す図2の手順に比べて、処理速度を向上させることが可能である。この利点は、検査対象となる半導体ウエハ9が複雑なチャージアップ特性を持つ場合に特に有効である。

【0022】次に、本実施例でリターディング条件を自動的に最適化するための第三の手順を図4により説明する。図4に示した手順では、電子線2の偏向、ステージ10の移動、あるいはそれらの組み合わせにより半導体ウエハ上の検査領域の全体またはその一部で電子線2の予備走査を行い、二次電子像と同時に電子線2の電流量の分布、半導体ウエハ9への電子線2の照射状態や照射時間に関する信号、半導体ウエハ9より流れ出す電流量の分布、走査状態に関する情報を合わせて取得する。そ

して、これらの信号に所定の演算や判定を施すことにより検査領域のチャージアップ量を判断する。そして、リターディング電圧を得られたチャージアップ量に対して最適な値に調整し、この状態を維持したまま電子線2の本走査を行い、取得した二次電子像につき画像解析を行う。

【0023】図4に示した手順では、図2、図3で説明した手順のようにリターディング電圧の調整を複数回繰り返す過程がないため処理効率を高めることが可能である。しかし一方、調整したリターディング電圧が実際に最適になっているか否かを得られる画像情報から判断する過程がないため、最適条件探索能力の点では図2、図3で説明した手順に劣る。したがって、図4の手順は、チャージアップ特性の類似した多数の半導体ウエハ9の検査を高効率で順次行う場合などに有効なものである。

【0024】なお、ここで述べた実施例に留まらず、観察対象のチャージアップの程度を判定とその状態での最適なリターディング電圧の設定を自動的に行ったうえで二次電子像を取得することの可能な走査型電子顕微鏡であれば、そのための手段、装置構成がいかなるものであっても、本発明の本質を損なうことなくこれを実施することが可能である。

【0025】

【発明の効果】本発明によれば検査対象である半導体ウエハのチャージアップ特性に応じて最適なリターディング電圧を自動的に設定することが可能なので、画像解析に必要な画質を備えた二次電子像を再現性良く取得できる。したがって、半導体ウエハ上の回路パターンの検査を、検査領域に難導電性材料が含まれ容易にチャージアップしてしまう場合であっても、オペレータの勘に頼ることなく確実に実施することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例の走査型電子顕微鏡の構成を示すブロック図。

【図2】本発明の一実施例の動作の流れ図。

【図3】本発明の第二実施例の動作の流れ図。

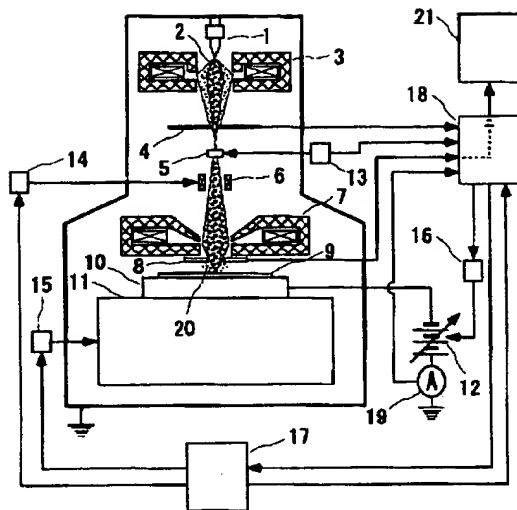
【図4】本発明の第三実施例の動作の流れ図。

【符号の説明】

1…電子銃、2…電子線、3…コンデンサレンズ、4…アパーチャ、5…ブランキング用偏向器、6…走査偏向器、7…対物レンズ、8…二次電子検出器、9…半導体ウエハ、10…ステージ、11…試料台、12…リターディング電源、13…ブランキング制御装置、14…電子線走査制御装置、15…ステージ制御装置、16…リターディング制御装置、17…位置制御装置、18…演算・判定装置、19…吸収電流検出器、20…二次電子、21…画像判定装置。

【図1】

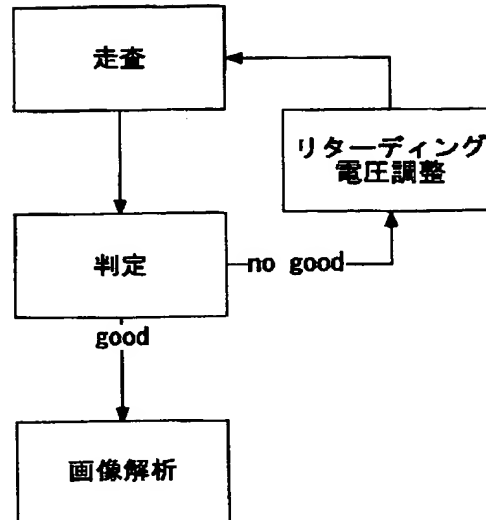
図1



1…電子銃、2…電子線、3…コンデンサレンズ、4…アパーチャ、5…ブランキング用偏向器、6…走査偏向器、7…対物レンズ、8…二次電子検出器、9…半導体ウェハ、10…ステージ、11…試料台、12…リターディング電源、13…ブランキング制御装置、14…電子線走査制御装置、15…ステージ制御装置、16…リターディング制御装置、17…位置制御装置、18…演算・判定装置、19…吸収電流検出器、20…二次電子、21…画像判定装置

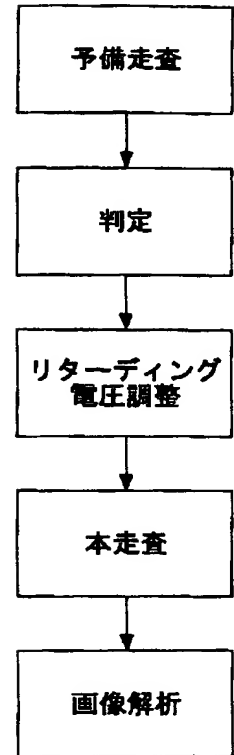
【図2】

図2



【図4】

図4



【図3】

図3

